



Dragoslav Dobričić

***PRIJEMNI ANTENSKI
TV SISTEMI***

Beograd

januar 2000. god.

dotadni šum zavisi od kvaliteta pojačavača i ukoliko je pojačavač bolji, utoliko manje dodaje šuma signalu koga pojačava. Idealni pojačavač ne dodaje šum, pa je i njegov šumni broj jednak nuli, tj. $NF = 0$ dB. Svaki realni pojačavač ima šumni broj koji je veći od nule. Pojačavač je utoliko bolji ukoliko ima manji šumni broj, tj. ukoliko je bliži idealnom. Koncept šumnog broja ustanovljen je tako da je nezavisan od pojačanja i širine frekvencijskog opsega pojačavača, što nam omogućava lakše poređenje međusobno različitih pojačavača. Kako su karakteristike aktivnih pojačavačkih elemenata zavisne od radne frekvencije, to je i njihov šumni broj zavisan od frekvencije, pa je pri poređenju i definisanju šumnog broja neophodno specificirati frekvenciju.

To praktično znači da možemo upoređivati šumne brojeve uskopojasnog i širokopojasnog pojačavača različitih pojačanja, ali to moramo činiti na istoj (radnoj) frekvenciji.

Kao što smo već videli, odnos signal/šum je jedan od bitnih faktora kvaliteta prijemnog signala i stoga je veoma bitno pravilno razumeti i koristiti koncept šumnog broja pri projektovanju i održavanju komunikacionih sistema.

Koncept *osetljivosti* pojačavača takođe je vezan za sopstveni šum, ali tako što je zavisan od širine propusnog opsega pojačavača (i mora se specificirati), pa je i međusobno poređenje različitih pojačavača otežano, jer zahteva ili da su pojačavači istog propusnog opsega ili da se izvrši normalizacija, tj. preračunavanje rezultata.

Osetljivost predstavlja jačinu ulaznog signala za određeni odnos signal/šum na izlazu pojačavača i za unapred određenu širinu propusnog opsega.

Za apsolutnu meru kvaliteta pojačavača (a ne samo za njihov relativan odnos) potrebno je i poznavanje ulaznog odnosa signal/šum.

Upravo zbog svega iznetog, mnogo je bolje operisati sa pojmom šumnog broja, jer je mnogo lakše upoređivati različite uređaje u domenu šuma.

Da bi jedan pojačavač imao minimalan šumni broj potrebno je da se prilikom njegovog projektovanja i izrade strogo poštuju neka pravila koja će obezbediti da se sa određenim tipovima tranzistora postignu minimalni šumni brojevi.

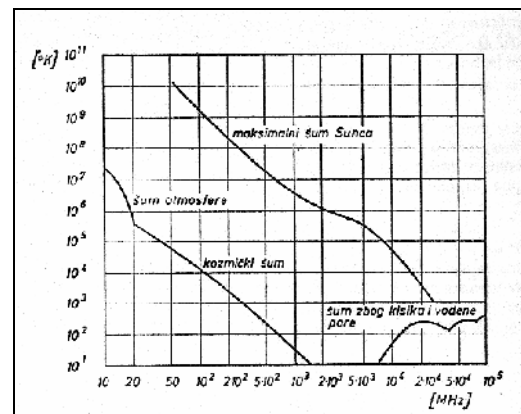
Prvi uslov je izbor odgovarajućeg tranzistora koji mora da zadovolji osim niskog sopstvenog šumnog broja još neke vrlo bitne karakteristike. Jedna od bitnih karakteristika je pogodna ulazna i izlazna impedansa koja omogućuje širokopojasno prilagođenje tranzistora. Druga bitna stvar je da tranzistor ima veliku linearnost

kako bi bio upotrebljiv u pojačavaču. Treća stvar je veličina struje pri kojoj se postiže minimalni šumni broj kao i vrednost impedanse koju tranzistor treba da vidi na svom ulazu da bi generisao minimalni šum kao i ponašanje te impedanse sa promenom frekvencije i struje tranzistora. Kompromis koji se ne može izbeći u pogledu izbora struje tranzistora je vrlo bitan jer direktno određuje najvažnije parametre pojačavača: s jedne strane šumni broj a sa druge otpornost na intermodulaciju tj. jake signale.

Minimalni šumni broj se lakše postiže kod uskopojasnih pojačavača nego kod širokopojasnih i problem gradnje širokopojasnih pojačavača posebno je otežan jer osim minimalnog šumnog broja treba držati vrednosti pojačanja, prilagođenja i stabilnost pojačavača u vrlo širokim granicama frekvencija i impedansi.

Svi ovi problemi sa kojima se susreću projektanti i proizvođači pojačavača kao i neophodni kompromisi koji se čine navedeni su ovde kako bi se ilustrovala i potencirala važnost odluke o tome kakav pojačavač koristiti i na kom mestu u sistemu. Jedino tako je moguće napraviti pravi izbor.

Ukoliko je šumni broj pojačavača niži to je i njegov uticaj na signal, tj. degradaciju signala manji. Šumni broj kao bitan element pojačavača direktno utiče na veličinu degradacije signala kada on padne po nivou i približi se, kako bismo to slikovito nazvali, "patosu šuma".



sl.3. Ukupna temperatura šuma antene za najnepovoljniji slučaj u zavisnosti od frekvencije.

Zabluda o šumnom broju

Mnogi proizvođači pojačavača koji, valjda, zbog nedostatka uređaja za merenje šuma, za svoje pojačavače deklariraju onaj šumni broj koji proizvođači poluprovodnika daju za upotrebljeni tranzistor. Recimo, ako se u ulaznom stepenu

nekoj pojačavača nalazi tranzistor koji ima 1.5 dB šumni broj na određenoj frekvenciji, to znači da je to **minimalni** šumni broj koji tranzistor **može** da ima, ali pod vrlo specifičnim i ograničenim uslovima a to su:

1. Tranzistor **mora** na svom ulazu da vidi tačno određenu impedansu da bi na toj frekvenciji dao minimalni šum.

Ovo je moguće u uskopojasnom režimu postići pomoću podešavanja ulaznog kola i merenja šuma. Međutim, u širokopojasnom režimu to jednostavno nije moguće zbog karakteristika kola na ulazu i promena koje na drugim frekvencijama izaziva podešavanje šumnog broja na jednoj. O promeni pojačanja i ostalih parametara pojačavača u celom frekventijskom radnom opsegu da i ne govorimo.

2. Struje i naponi tj. radni režim tranzistora **mora** da bude strogo određen tj. onaj pri kome tranzistor daje minimalni šum.

Međutim za minimalna izobličenja (IMD) zahtevaju se upravo dijametralno različiti uslovi, pa smo prinuđeni na kompromise i žrtve. Obično se pri projektovanju žrtvuje nešto od šumnih performansi kako bi se optimizirale performanse pojačavača na IMD. U prilog ovome ide i činjenica da, zbog relativno velikog odnosa signal/šum koji je potreban da bi kvalitet TV slike bio prihvatljiv kao minimum kvaliteta ($S/N=46$ dB), vrednosti šumnog broja ispod 2 dB ne popravljaju značajno kvalitet slike. Na VHF području zbog povećanog prirodnog praga termičkog šuma i povećanog urbanog šuma, smanjenje šumnog broja ispod 3 dB ne utiče značajno na kvalitet primljenog signala. Međutim, u komunikacijama gde se normalno računava i sa odnosima signal/šum od svega nekoliko decibela ili čak sa odnosom $S/N=0$ dB (signal i šum jednaki po snazi) ima mnogo smisla ići na sniženje šumnog broja ispod 1 dB, pa čak i ispod 0.5 dB!

3. Gubici ulaznog kola, neprilagođenje izlazne impedanse, povratne sprege kojima se "pegla" kriva pojačanja ili smanjuju izobličenja, uslovna stabilnost tranzistora, uticaj šuma sledećeg stepena, paraziti efekti i sve drugo utiče na to da pojačavač **vrlo teško** postigne minimalni šum. Poseban problem su širokopojasni pojačavači kod kojih je potrebno da na svim frekvencijama zadovoljimo sve napred navedene uslove za tranzistor, kako bi on u celom opsegu generisao minimalni šum. Da je ovo čak i teorijski teško moguće jasno je samo po sebi! Olakšanje predstavljaju tranzistori koji su projektovani i proizvedeni za rad u širokopojasnom režimu, jer njihova optimalna šumna impedansa najmanje varira po frekvenciji. Tim više su smešni

pokušaji da se napravi širokopojasni pojačavač sa tranzistorima koji imaju "divlju" karakteristiku optimalne šumne impedanse (Z_{nf}) i uglavnom samo uslovnu stabilnost ($K < 1$) na frekvencijama na kojima treba da rade. To što oni, na nekoj od frekvencija iz tog opsega u uskopojasnom režimu i sa strogo definisanim ostalim parametrima kola, mogu da daju zaista mali šum, nema ama baš nikakve veze sa radom u širokopojasnom režimu i pri nekim drugim radnim uslovima!

Nažalost, prostor ne dozvoljava da se na primerima lako pokaže da je ova zablude takođe vrlo raširena, jer kako bi se inače desilo da pojedine firme reklamiraju da im pojačavači imaju isti ili čak **manji** šumni broj od šuma samog tranzistora! Realni minimum koji se može očekivati pri širokopojasnom radu je između 0.5 i 1 dB **više** od minimalnog šumnog broja deklarisanog za tranzistor i to samo za jako dobar dizajn sa odgovarajućim širokopojasnim bezuslovno stabilnim ($K > 1$) tranzistorima odnosno pojačavačima. Ukoliko se svesno naprave kompromisi za ravnije pojačanje ili što bolju IMD, pa se malo žrtvuju šumne karakteristike, onda se može očekivati još nešto veći šumni broj.

Zablude o decibelima

Ovde bi trebalo razmotriti još jednu situaciju koja je dosta tipična za praksu. To je ulazni signal u pojačavač i važnost njegovog odnosa prema pratećem šumu.

Zbog slabog ili nikakvog poznavanja teorije kod većine laika uobičajeno je mišljenje da je potpuno svejedno da li potreban broj decibela pojačanja signala izvlačimo iz antene ili iz pojačavača. Oni jednostavno sabiraju decibele koje ima antena sa decibelima koje ima antenski pojačavač i proglašavaju ih kao pojačanje antene! Koliko je ovo pogrešno ilustrovaćemo jednim primerom:

Uzmimo da nam je potrebna antena od 20 dB da primimo neki vrlo slab signal. Imamo dve krajnje mogućnosti:

1. Da uzmemo antenu bez pojačanja (dipol) i pojačavač od 20 dB.
2. Da uzmemo samo antenu od 20 dB bez pojačavača.

U oba slučaja pojačanje će biti ono koje nam je potrebno, tj. 20 dB. Ako sada analiziramo dobijene rezultate imamo sledeću situaciju:

1. Ako je šumni broj pojačavača 2 dB i ako iz dipol antene imamo signal od 35 dB μ V, na izlazu pojačavača ćemo imati signal: 35+20=55 dB μ V, a šum: 2+2+20=24 dB μ V, pa će prema

tome odnos signal/šum na izlazu biti $55-24=31$ dB, što znači vrlo snežna slika!

2. Signal iz (dugačke Yagi) antene koja ima 20 dB pojačanje u odnosu na dipol biće takođe $35+20=55$ dB μ V, a šum 2 dB μ V, pa je odnos signal/šum $55-2=53$ dB tj. kristalno čista slika! Ova 2 dB μ V, dodata u oba slučaja, predstavljaju prirodni prag termičkog šuma za UHF područje, širinu TV kanala od 5.5 MHz i fizičku temperaturu od 290K.

Uzmemo li radi ilustracije neku srednju varijantu, recimo antenu od 10 dB i pojačavač od 10 dB imamo situaciju da je signal $35+10+10=55$ dB μ V, a šum $2+2+10=14$ dB μ V pa je odnos signal/šum $55-14=41$ dB ili malo snežna slika. Ista antena bez pojačavača daće signal $35+10=45$ dB μ V, a termički šum 2 dB μ V, pa je odnos signal/šum $45-2=43$ dB! **Bolje nego sa pojačavačem!**

Na osnovu ovoga jasno i nedvosmisleno se vidi da su decibeli iz antene, da ih tako nazovemo, "čisti", jer ne kvare odnos signal/šum (usmerene antene pojačavaju signal, tako što ga izdvajaju iz okolnog šuma, tj. primaju samo mali deo ukupnog šuma iz prostora), a decibeli iz pojačavača "prljavi", jer kvare odnos signal/šum (pojačavači pojačavaju jednako i signal i šum i plus dodaju svoj sopstveni šum, što se lepo vidi u gornjem primeru).

Antena je najbolji pojačavač! To je jedini pojačavač koji pojačava signal tako što ga "vadi" iz šuma, tj. pojačavanjem signala ne pojačava i sav postojeći šum iz prostora oko antene već samo onaj njegov deo koji se nalazi u vidnom polju antene, tj. onaj koji prima.

Ono što se na kvalitetu signala dobije antenom, to je nemoguće postići ili prevazići bilo kojim drugim pojačavačem!

Sva ostala pojačavanja signala pojačavaju i šum, pa je odnos signal/šum isti, čak i malo lošiji, zbog sopstvenog šuma pojačavača.

Pojačavači mogu samo da konzerviraju postojeće stanje.

I da ponovimo još jedanput da se, upravo zbog ovoga, decibeli iz antene ne mogu zamenjivati sa decibelima iz pojačavača!

Da je ovo jasno samo po sebi ne bi na tržištu bilo raznih štapova, dipola, latora i sličnih slabih antena sa pojačavačima, koje se onda proglašavaju za "jake antene"!

Pojačanje

Pojačanje je, kao što mu i samo ime kaže, osobina pojačavača da neki ulazni VF signal pojača. U tu svrhu se koristi jednosmerni izvor

napajanja čija se električna snaga transformiše u snagu izlaznog VF signala. Tako na izlazu pojačavača dobijamo pojačan ulazni VF signal.

Ovo **aktivno** pojačanje treba razlikovati od onog što nazivamo pojačanjem kod antena ili drugih **pasivnih** uređaja koji ne sadrže izvore napajanja i koji "pojačavanje" signala vrše na drugi način, tj. korišćenjem drugih fizičkih principa. Antene u tu svrhu koriste svoje **kolektorske** osobine koje sakupljaju signal iz okolnog prostora i zato je bolje, kod antena, koristiti termin **dobit** umesto pojačanje.

Zablude o pojačanju

Pogrešno verovanje ili zabluda da pojačavač **popravlja** kvalitet signala je dovela dotle da se poveruje da se signali mogu beskonačno pojačavati sve dok ima pojačavača dovoljno velikog pojačanja.

Nažalost, vrlo brzo se shvati da se sa signalom nešto desi i da, bez obzira koliko ga pojačavali, on uvek ima puno šuma u sebi.

Šta se to desi da više nikakvo pojačanje ne može da obezbedi signal bez šuma? To je upravo ono što pokušavamo da rasvetlimo u ovom našem bavljenju antenskim predpojačavačima.

Rekosmo - pogrešno verovanje. Kako i zašto je to tako? Evo u najkraćem nekih primera potpuno ili delimično pogrešnih verovanja:

Jedno od dosta rasprostranjenih verovanja je da je *"za kvalitetan prijem signala dovoljan određen nivo signala na ulazu u prijemnik. Ako je signal sa šumom, to znači da je slab i da ga samo treba dovoljno pojačati i sve će biti u redu"*.

Ovo je samo delimično tačno i tu je ključ svih problema.

Ustvari, pored određenog nivoa signala na ulazu, potrebno je da signal u odnosu na prateći šum bude dosta veći, tj. da odnos signala i šuma bude dovoljno veliki.

Ukratko, pored apsolutnog nivoa signala važan je i njegov odnos prema pratećem šumu.

Ovo je dosta lako proveriti. Uzmimo dva TV signala iz dve antene sa vrlo kratkim kablom. Prvi, čist i vrlo snažan oko 70 dB μ V i drugi, vrlo slab sa dosta šuma oko 30 dB μ V. Slabiji signal pojačamo pojačavačem koji ima pojačanje 40 dB i na taj način ih po nivou izjednačimo. Kada pogledamo signale na prijemniku videćemo da je razlika drastična iako su oba signala potpuno jednakog nivoa. Slabiji signal se nije potpuno oslobodio šuma i pored pojačanja i dovođenja na isti nivo sa signalom koji nema šuma. Šta se desilo?